

PATENT



## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Heger et al.  
Serial No. : 10/656,353  
Filed : September 5, 2003  
For : METHOD FOR DETERMINING THE END POINT FOR A  
CLEANING ETCHING PROCESS

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States  
Postal Service as first class mail in an envelope addressed to:  
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450,  
on:

October 14, 2003

Date of Deposit

James J. Maune

Attorney Name

26,946

PTO Reg. No.

October 14, 2003

Date of Signature

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450  
Sir:

A claim for priority is hereby made under the provisions of 35 U.S.C. §119 for  
the above-identified U.S. patent application based upon Germany Application No. 102 41 590.0  
filed September 5, 2002. A certified copy of this application is enclosed.

Respectfully submitted,

James J. Maune

Patent Office Reg. No. 26,946

Attorney for Applicants  
212-408-2566

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 41 590.0

**Anmeldetag:** 05. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes  
beim Reinigungsätzen

**IPC:** H 01 J 37/32

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 11. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Schmidt', is written over the printed name 'Der Präsident'. Below the signature, the word 'München' is faintly visible.



## 5 Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen vom Bearbeitungskammern durch Plasmaätzen, die als Bestandteil von Beschichtungs- oder Ätzanlagen zur Durchführung von Beschichtungs- oder Ätzprozessen bei der Fertigung von Halbleiterbauelementen eingesetzt werden.

Bei der zunehmenden Verringerung der Strukturgrößen bei modernen Halbleiterbauelementen muss in immer stärkerem Maße Sorge dafür getragen werden, dass die jeweiligen Umgebungsbedingungen bei der Durchführung einzelner Fertigungsprozesse allerhöchste Reinheitsanforderungen erfüllen. Das betrifft insbesondere auch Bearbeitungskammern, in denen Plasma unterstützte Beschichtungs- oder Ätzprozesse unter Vakuumbedingungen durchgeführt werden. Hier kann das Vorhandensein auch von geringsten Verunreinigungen zu Defekten in den beispielsweise durch Plasma-CVD hergestellten Schichten auf einem Substrat, oder auch zu Fehlern während der Durchführung von Plasma-Ätzprozessen führen. Auch wird durch die Verunreinigungen auch die Qualität der Plasma-CVD-Prozesse negativ beeinflusst.

Derartige Verunreinigungen können Rückstände vorhergehender Bearbeitungsschritte in der Bearbeitungskammer sein, oder auch Ablagerungen an den Innenwänden derselben als Ergebnis von Beschichtungsprozessen, wie Plasma-CVD-Prozessen. Diese unvermeidbaren Ablagerungen können bei nachfolgenden Prozessschritten in der Bearbeitungskammer störende Partikel generieren. Eine derartige Bearbeitungskammer zur Durchführung von Plasma-Ätzprozessen auf einzelnen Substraten (Wafer) ist aus der US 4,602,981 A, oder auch der DE 196 05 136 A1 bekannt geworden, wobei in der Praxis auch größere Bearbeitungskammern verwendet

werden, um eine größere Anzahl von Wafern gleichzeitig bearbeiten zu können. Das eingangs geschilderte Problem ist jedoch bei beiden Arten von Plasma-Ätzvorrichtungen oder auch bei Plasma-CVD-Vorrichtungen zu finden.

5

In der DE 196 05 136 A1 wird nun eine recht aufwändige Möglichkeit beschrieben, mit der die Beschichtung von Oberflächen der Vakuumkammer und der funktionsbedingten Bauteile deutlich eingeschränkt werden kann. Hierzu wird innerhalb der Bearbeitungs-  
10 kammer ein Prozessraum zeitweilig abgetrennt, in dem dann der Plasmaprozess durchgeführt wird. Dadurch wird die Wirkung des Plasmas auf den zeitweilig abgetrennten Prozessraum begrenzt, so dass nur auf geringe Oberflächen durch das Prozessgas, durch Reaktionsprodukte bzw. das Plasma eingewirkt wird.

15

Damit verbleiben nur wenige Flächen auf denen kontaminierende Schichten aufwachsen können. Die entsprechenden Teile können dann im Rahmen der normalen Wartungszyklen gereinigt oder ausgetauscht werden. Besonders nachteilig bei dieser Lösung ist  
20 allerdings der recht hohe technische Aufwand und die Vielzahl der in der Bearbeitungskammer zusätzlich erforderlichen und teilweise bewegbaren Bauteile, die ihrerseits Quellen für Verunreinigungen sein können.

25

Aus diesen Gründen hat sich in der Praxis durchgesetzt, die Bearbeitungskammer durch einen Cleaning-Prozess mittels Plasma-Reinigungsätzen nach jedem, oder nach einer vorgegebenen Anzahl von Plasma-Bearbeitungsvorgängen zu reinigen bzw. zu tunen. Bei diesem Cleaning-Prozess muss allerdings darauf geachtet werden,  
30 dass kein Überätzen stattfindet. Das würde bedeuten, dass dann die Innenflächen der aus Metall (Al) bestehenden Bearbeitungskammer angegriffen werden und die Nutzungsdauer derselben erheblich sinkt. Es muss also jegliches Überätzen vermieden, aber dennoch eine ausreichende Reinigung der Bearbeitungskammer er-  
35 reicht werden.

In der US 5,812,403 A wird eine Vorrichtung zur Abscheidung eines dielektrischen Films auf einem Substrat mittels eines Plasma-CVD-Verfahrens in einer Bearbeitungskammer beschrieben. Ferner wird in dieser Druckschrift ein Verfahren zum periodischen  
5 Reinigen der Bearbeitungskammer dargestellt, welches ein Remote-Plasma und spezielle Reinigungsgase verwendet. Beispielsweise werden mit dem Remote-Plasma-System Fluor-Radikale erzeugt, die in die Bearbeitungskammer geleitet und dort bei hohen Temperaturen diese reinigen. Hier werden nur chemische Reaktionen  
10 ausgenutzt, so dass physikalische Sputtereffekte keine Rolle spielen, da das Remote-Plasma außerhalb der Bearbeitungskammer verbleibt.

Im Gegensatz dazu führt ein in-situ Plasma-System zu Sputtereffekten, welche die aus Al bestehende Kammerwände beschädigen  
15 können.

In jedem Fall muss aber beim Reinigungsverfahren darauf geachtet werden, dass kein Überätzen (Overetch) erfolgt, welches  
20 Schäden hervorrufen würde, oder zumindest die Standzeit der Bearbeitungskammer verringern würde. In der US 5,812,403 A wird daher auch ein Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes (Clean Endpoint) des Reinigungsprozesses beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die Änderung der Lichtabsorption der  
25 Reinigungsgas-Reaktanden, z.B. von  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$ ,  $\text{SF}_6$ , optisch beobachtet, was auch bei Mehrkammersystemen anwendbar ist. Außerdem ist das Verfahren zur Endpunktbestimmung sowohl bei einem Remote-Plasma, als auch bei einem In-situ-Plasma anwendbar.

30 Dazu werden die Reaktanden so geführt, dass sie eine IR-Lichtquelle passieren, so dass dann über einen IR-Empfänger die Dämpfung der IR-Strahlung durch die vorbeigeleiteten Reaktanden gemessen werden kann. Bei Überschreitung eines  
35 Referenzwertes der Lichtintensität wird die Gaszufuhr ge-

stoppt und damit der Reinigungsvorgang beendet.

Von Nachteil ist hier der doch beträchtliche apparative Aufwand und die verbleibende messtechnische Unsicherheit, da  
5 sich während eines plasmachemischen Beschichtungsprozesses  
auch die optischen Eigenschaften der für die Beobachtung  
notwendigen Quarzfenster verändern können. Darüber hinaus  
lässt sich der Endpunkt mit optischen Mitteln wegen der ge-  
ringfügigen Änderungen ohnehin sehr schwer feststellen und  
10 es ist erforderlich, die optischen Daten in elektrisch aus-  
wertbare Daten umzuwandeln. Wegen dieser Unsicherheiten wird  
in der Regel ein gezieltes Überätzen durchgeführt, um si-  
cherzustellen, dass die Bearbeitungskammer tatsächlich aus-  
reichend gereinigt worden ist. Ansonsten besteht die Gefahr,  
15 das bei nachfolgenden Prozessen dennoch Al-Fluorid Partikel  
generiert werden können.

Schließlich wird in der schon zitierten US 4,602,981 A ein  
Verfahren zur Steuerung des Plasmaätzens von Wafern in einem  
20 Wafer-Reaktor beschrieben. Dabei wird die RF-Spannung, die  
unmittelbar vom Plasmapotential beeinflusst wird, an einer  
Elektrode des Reaktors überwacht. Voraussetzung ist ein e-  
lektrisch symmetrischer Reaktor, so dass die Änderung der  
Plasmadichte infolge der Sekundärelektronen Emission inner-  
25 halb des Reaktors mittels der RF-Spannung überwacht werden  
kann. Eine solche Überwachung kann jedoch wegen der anders-  
artigen Verfahrensführung nicht zur Endpunktbestimmung beim  
Reinigungsätzen übertragen werden.

30 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein einfach  
zu realisierendes Verfahren zur sicheren Bestimmung des End-  
punktes beim Reinigungsätzen von Bearbeitungskammern zu  
schaffen.

35 Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabenstellung wird bei  
einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst,

dass die DC-Bias Spannung an dem für das Plasma-Reinigungs-  
ätzen in der Bearbeitungskammer eingesetzten Plasmagenerator  
während des Reinigungsätzens überwacht wird und dass bei Er-  
reichen eines Maximalwertes (clean endpoint) das Plasma-  
5 Reinigungsätzen durch Stopp der Zufuhr der Prozessgase und  
Abschalten des Plasmagenerators beendet wird.

Dieses überraschend einfache Verfahren zur Bestimmung des  
„clean endpoint“ hat den besonderen Vorteil, dass der zur  
10 Bestimmung des Endpunktes erforderliche Algorithmus extrem  
einfach ist, indem lediglich ein Maximum der DC-Bias-  
Spannung bestimmt werden muss. Dadurch ist das Verfahren  
einfach zu handhaben und erlaubt darüber hinaus eine sehr  
genaue Endpunktbestimmung.

15 Die DC-Bias-Spannung kann dabei permanent, oder in diskreten  
Abständen gemessen werden.

Weiterhin kann der DC-Bias-Spannungsverlauf jedes Plasma-  
20 Reinigungsätzvorganges, oder einer vorgegebenen Anzahl vor-  
hergehender Messvorgänge gespeichert werden.

Um eine besonders sichere Erkennung des „clean endpoint“ zu  
erreichen, kann in einer weiteren Ausgestaltung der Erfin-  
25 dung der gemessene DC-Spannungsverlauf mit einem gespeicher-  
ten DC-Bias-Spannungsverlauf verglichen werden.

Wird der Vergleich der DC-Bias-Spannungsverläufe jeweils für  
identische Prozessgase bzw. Prozessparameter vorgenommen, so  
30 wird eine besonders genaue Erkennung des „clean endpoint“  
erreicht.

Es besteht auch die Möglichkeit, nach der Feststellung des  
„Clean Endpoint“ für einen kurzen Zeitraum ein gezieltes Ü-  
35 berätzen durchzuführen.

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

5 Fig. 1: ein schematisches Blockschaltbild einer Anordnung zur Durchführung des Verfahrens zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen; und

10 Fig. 2: eine prinzipielle Darstellung charakteristischer DC-Bias-Spannungsverläufe bei unterschiedlichen Ätzparametern.

Das schematische Blockschaltbild nach Fig. 1 veranschaulicht die wesentlichen erforderlichen Funktionseinheiten, die erforderlich sind, um das erfindungsgemäße Verfahren ausführen zu können. Die nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten können auch in einem APC-Tool 1 (advanced process control tool) zusammengefasst werden.

20 Zunächst ist eine Bearbeitungskammer 2 zur Ausführung von Plasma-Prozessen vorgesehen. Zu diesem Zweck ist die Bearbeitungskammer 2 mit einem Plasmagenerator gekoppelt, der ein in-situ-Plasma in der Bearbeitungskammer 2 unter den erforderlichen Vakuumbedingungen erzeugen kann. Zu diesem  
25 Zweck ist die Bearbeitungskammer 2 mit einer Gaszuführungseinheit / Vakuumgenerator 3 verbunden, so dass in der Bearbeitungskammer 2 die für den jeweiligen Prozessschritt erforderlichen Bedingungen geschaffen werden können. Die Steuerung hierfür übernimmt das APC-Tool 1.

30

Dieses APC-Tool 1 sorgt für die Einstellung und Kontrolle sämtlicher Prozessparameter, wie RF-Spannung, Menge und Art der zuzuführenden Prozessgase, usw. und ist in der Lage, beispielsweise den Reinigungsprozess durch Plasma-Ätzen zu  
35 Starten oder zu Beenden, oder einen Bearbeitungsprozess eines Halbleiterwafers in der Bearbeitungskammer zu steuern.



Um den Endpunkt des Plasma-Reinigungsprozesses ermitteln zu können, wird erfindungsgemäß die DC-Bias-Spannung 4 überwacht. Die dazu erforderliche Messung dieser DC-Bias-

5 Spannung 4 erfolgt zwischen Masse und einer Entkoppelelektrode des Plasmagenerators, die sich innerhalb der Bearbeitungskammer 2 befindet.

Die Messung der DC-Bias-Spannung 5 erfolgt durch eine geeignete Messeinrichtung, in Verbindung mit einem üblichen Messwandler/Filter 5, der die am Messpunkt ermittelte DC-Bias-Spannung 4 dann an eine Auswerteeinheit 6 übergibt. Diese Messung der DC-Bias-Spannung 4 kann kontinuierlich, oder in diskreten Schritten erfolgen.

15

Die Auswerteeinheit 5 überwacht den Spannungsverlauf, der DC-Bias-Spannung 4 (Fig. 2), beginnend mit dem „Clean Start“ S bis zum „Clean Endpoint“ E und übergibt an das APC-Tool 1 eine entsprechende Information, wenn die DC-Bias-Spannung 4 ein Maximum erreicht hat. Um einen Vergleich der Verläufe der DC-Bias-Spannung 4 zu ermöglichen, werden diese in einer Speichereinheit 7 gespeichert.

20

( 25 Praktisch gemessene Spannungsverläufe der DC-Bias-Spannung 4 für unterschiedliche Prozessparameter sind aus Fig. 2 schematisch ersichtlich. Die dargestellten Kurven der Spannungsverläufe der DC-Bias-Spannung 4 zeigen eine deutliche Übereinstimmung beim Zeitpunkt des Maximums, dem „Clean Endpoint“ E. Es ist ersichtlich, dass die DC-Bias-Spannung 4 durch die unterschiedlichen Prozessparameter nicht sonderlich beeinflusst wird. Das bedeutet aber auch, dass die Überwachung des Maximums M der DC-Bias-Spannung 5 beim Plasma-Reinigungsätzen eine äußerst zuverlässige Bestimmung des „clean endpoint“ erlaubt.

30

35

Dabei kann das Maximum M der DC-Bias-Spannung 4 jedes Plas-

ma-Reinigungsätzvorganges, oder einer vorgegebenen Anzahl  
vorhergehender Messvorgänge gespeichert werden.

5 Selbstverständlich ist es auch möglich den gesamten Verlauf  
der DC-Bias-Spannung 4 zu messen und mit einem gespeicherten  
DC-Spannungsverlauf zu vergleichen, so dass eine besonders  
sichere Erkennung des „clean endpoint“ E erreicht wird.

10 Wird der Vergleich der DC-Bias-Spannungsverläufe jeweils für  
identische Prozessgase bzw. Prozessparameter vorgenommen, so  
wird noch genauere Erkennung des „clean endpoint“ E er-  
reicht.

15 Nach der Erkennung des Endpunktes des Reinigungsätzvorganges  
E kann noch ein zeitlich begrenztes Überätzen vorgenommen  
werden, was aber im Gegensatz zu Fig. 2 auf wenige Sekunden  
begrenzt werden muss, um eine vollständige Reinigung absolut  
sicherzustellen, aber eine Schädigung der Innenwand der Be-  
20 arbeitungskammer 2 auszuschließen. Dies wäre dann nach Ab-  
lauf der in Fig. 2 angegebenen Overetch-Zeit 0 der Fall.

5

10 **Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen****Bezugszeichenliste**

- |    |   |
|----|---|
| 1  | APC-Tool  |
| 15 | 2    Bearbeitungskammer / Plasmagenerator                 |
|    | 3    Gaszuführungseinheit / Vakuumgenerator               |
|    | 4    DC-Bias-Spannung                                     |
|    | 5    Messverstärker / Filter                              |
|    | 6    Auswerteeinheit                                      |
| 20 | 7    Speichereinheit                                      |
|    |   |
|    | S    Startpunkt des Reinigungsätzvorganges (Clean-Start)  |
|    | E    Endpunkt des Reinigungsätzvorganges (Clean-Endpoint) |
|    | M    Maximum der DC-Bias-Spannung                         |
| 25 | O    Überätzen (Overetch)                                 |

**5 Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen****Patentansprüche**

1. Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reini-  
gungsätzen von Bearbeitungskammern durch Plasmaätzen mit-  
tels ionisierter Prozessgase, die als Bestandteil von Be-  
schichtungs- oder Ätzanlagen zur Durchführung von Be-  
schichtungs- oder Ätzprozessen bei der Fertigung von  
Halbleiterbauelementen eingesetzt werden, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die DC-Bias Spannung an  
dem für das Plasma-Reinigungsätzen in der Bearbeitungs-  
kammer eingesetzten Plasmagenerator während des Reini-  
gungsätzens überwacht wird und dass bei Erreichen eines  
Maximalwertes (clean endpoint) das Plasma-Reinigungsätzen  
durch Stopp der Zufuhr der Prozessgase und Abschalten des  
Plasmagenerators beendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die DC-Bias-Spannung  
(5) permanent gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die DC-Bias-Spannung in  
diskreten Abständen gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, dass der DC-Spannungsverlauf  
jedes Plasma-Reinigungsätzvorganges gespeichert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h

g e k e n n z e i c h n e t, dass eine vorgegebene Anzahl von vorhergehenden Plasma-Reinigungsätzvorgängen gespeichert wird.

5        6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der gemessene DC-Spannungsverlauf mit einem gespeicherten DC-Spannungsverlauf verglichen wird.

10       7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Vergleich der DC-Spannungsverläufe jeweils für identische Prozessgase bzw. Prozessparameter vorgenommen wird.

15       8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass nach Erkennung des Endpunktes des Reinigungsätzvorganges ein zeitlich begrenztes Überätzen vorgenommen wird.

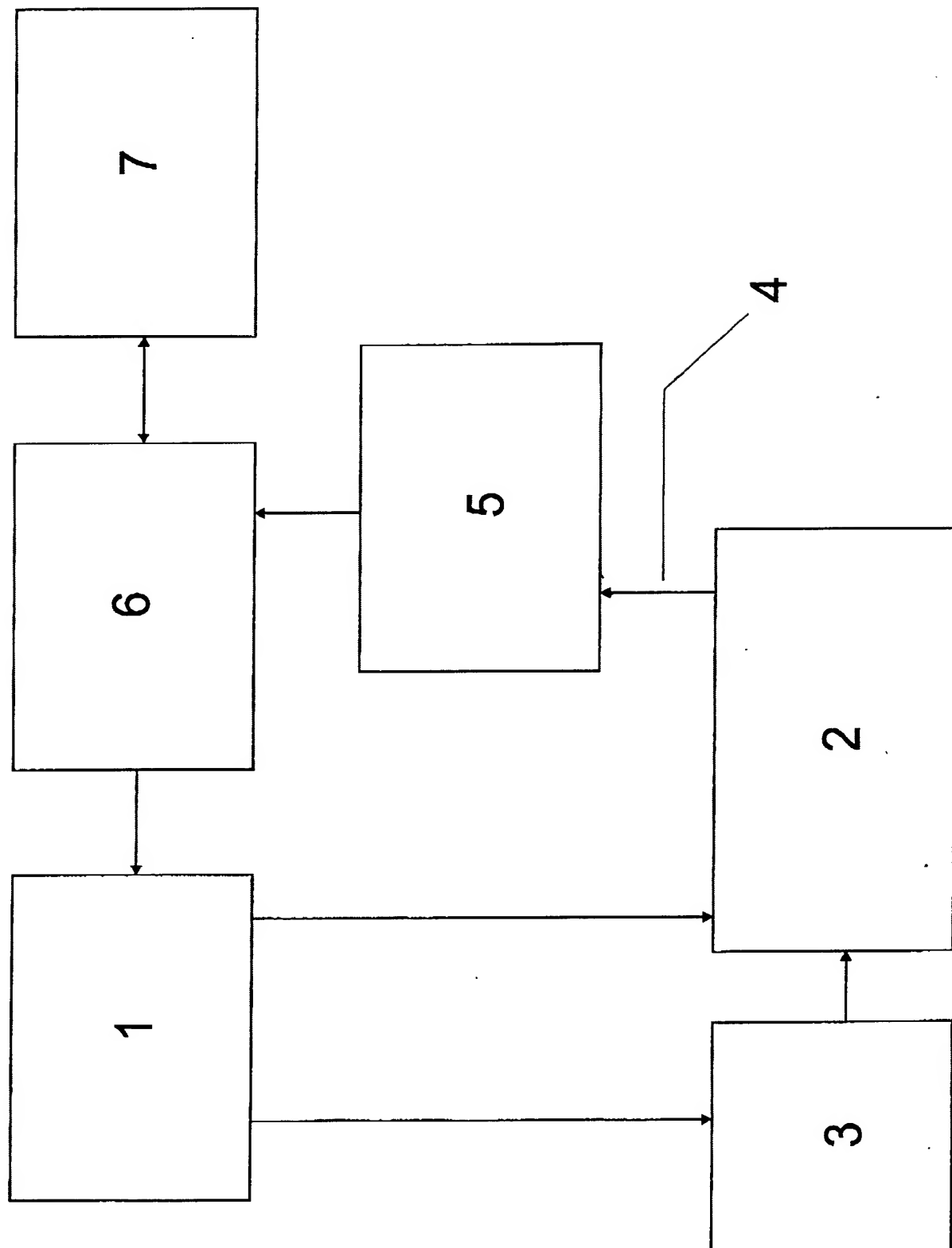


Fig. 1

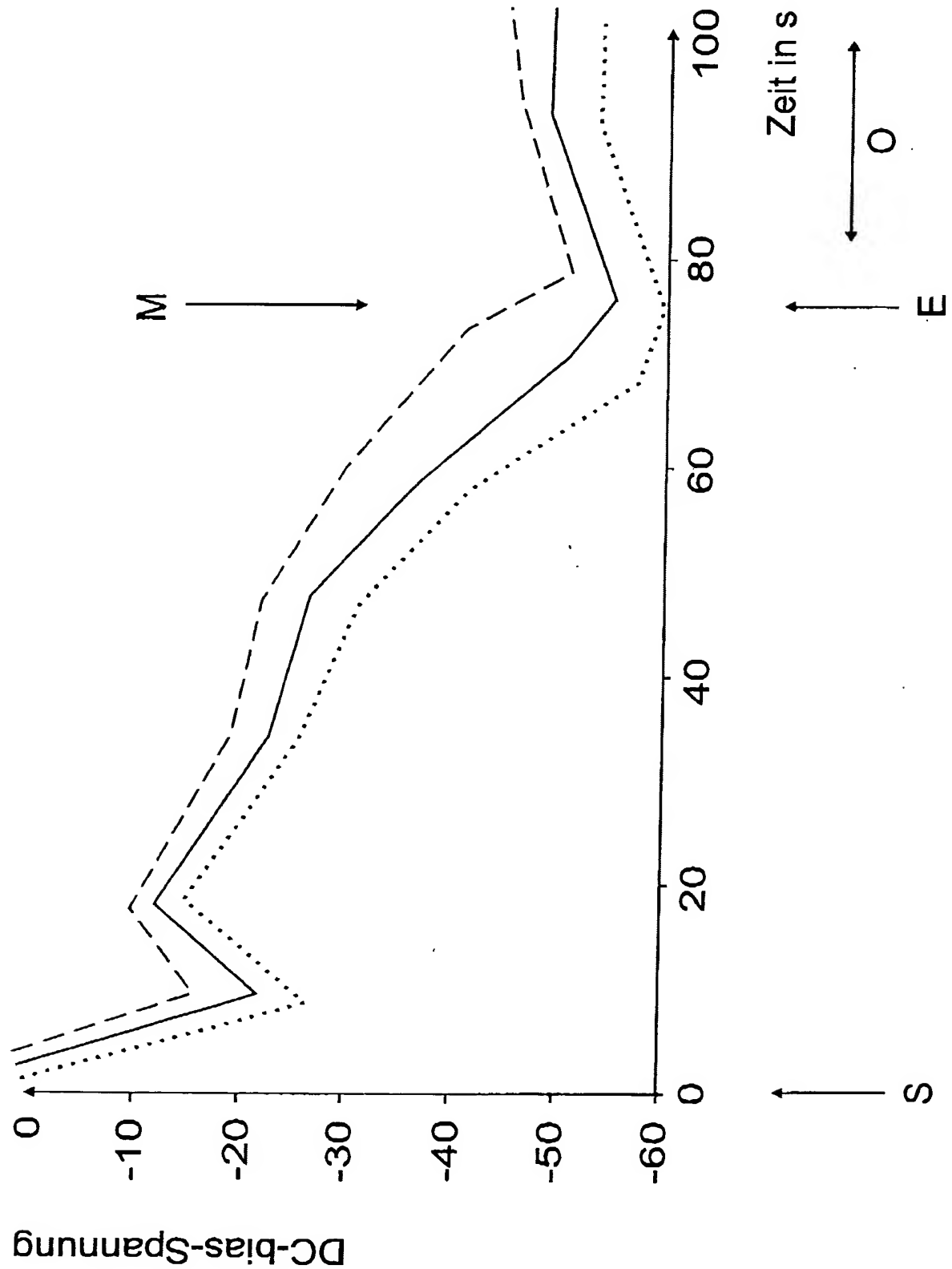


Fig. 2

**5 Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen****Zusammenfassung**

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen vom Bearbeitungskammern durch Plasmaätzen, die als Bestandteil von Beschichtungs- oder Ätzanlagen zur Durchführung von Beschichtungs- oder Ätzprozessen bei der Fertigung von Halbleiterbauelementen eingesetzt werden.
- 15 Durch die Erfindung soll ein einfach zu realisierendes Verfahren zur sicheren Bestimmung des Endpunktes beim Reinigungsätzen vom Bearbeitungskammern geschaffen werden. Erreicht wird dies dadurch, dass die DC-Bias Spannung (4) an dem für das Plasma-Reinigungsätzen in der Bearbeitungskammer
- 20 eingesetzten Plasmagenerator (3) während des Reinigungsätzens in einer Auswerteeinheit (6) überwacht wird und dass bei Erreichen eines Maximalwertes (clean endpoint) das Plasma-Reinigungsätzen durch Stopp der Zufuhr der Prozessgase in der Gaszuführeinheit und Abschalten des Plasmagenerators (3)
- 25 beendet wird. (Fig.1)



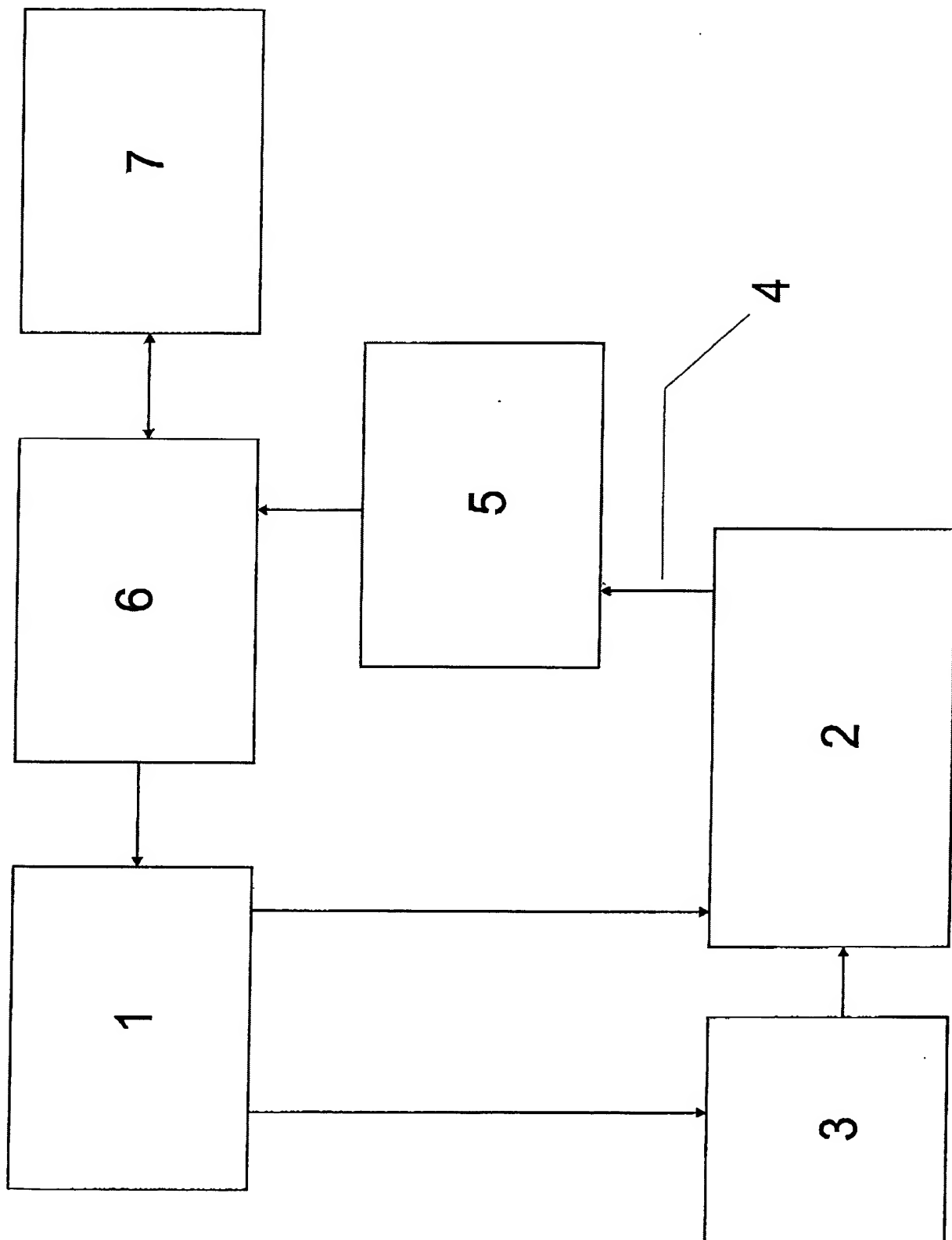


Fig. 1